

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-190026

(43)Date of publication of application : 23.07.1996

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 07-003335

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

(22)Date of filing : 12.01.1995

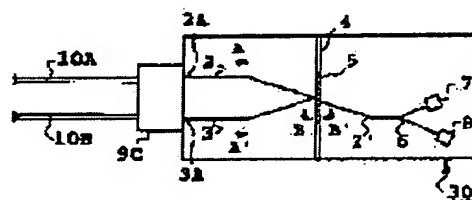
(72)Inventor :  
INOUE YASUYUKI  
KAWACHI MASAO  
KITO TSUTOMU  
SUZUKI SENTA  
OGUCHI TAISUKE

## (54) OPTICAL TRANSMITTING AND RECEIVING MODULE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide an inexpensive and compact optical transmitting/receiving.

CONSTITUTION: This module is a planar optical waveguide circuit type optical transmitting/receiving module for transmitting an optical signal of wavelength  $1.55\mu\text{m}$  through and transmitting/receiving an optical signal of wavelength  $1.3\mu\text{m}$ . A dielectric multilayer film filter 5 is mounted perpendicular to the reference plane of a planar optical waveguide circuit and a single-mode optical waveguide is composed of a first input/output optical waveguide 2 whose one end is connected to a first optical fiber connecting part and a second input/output optical waveguide 3 whose one end is connected to a second optical fiber connecting part and the other end is branched from the first input/output optical waveguide 2 with a branching angle  $15^\circ - 25^\circ$  on or in the vicinity of the front surface of the dielectric multilayer film filter 5, the first input/output optical waveguide 2 is Y-branched on the side where the second input/output optical waveguide 3 does not exist in reference to the dielectric multilayer film filter 5 and a laser diode 7 or a photodiode 8 is connected to each branched optical waveguide.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	05.08.1997
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	15.12.2000
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3344446
[Date of registration]	30.08.2002
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2001-00568
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	15.01.2001
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-190026

(43)公開日 平成8年(1996)7月23日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 6/12

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/ 12

F

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平7-3335

(22)出願日 平成7年(1995)1月12日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 井上 靖之

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 河内 正夫

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 鬼頭 勤

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

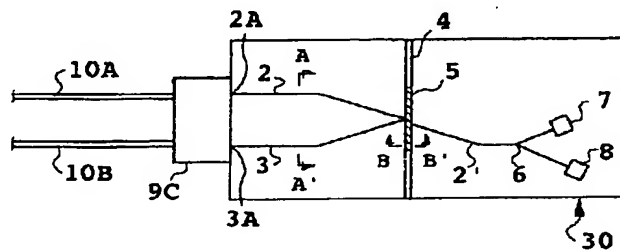
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光送受信モジュール

(57)【要約】

【構成】 波長1.55 $\mu$ mの光信号を透過し、波長1.3 $\mu$ mの光信号を送受信する平面光導波回路型の光送受信モジュールである。誘電体多層膜フィルタが平面光導波回路の基準平面に垂直に設置され、シングルモード光導波路は、一端が第1の光ファイバ接続部とつながった第1の入出力光導波路、一端が第2の光ファイバ接続部とつながり、多端が誘電体多層膜フィルタの表面またはその近傍で、分岐角15°~25°で第1の入出力光導波路から分岐する第2の入出力光導波路からなり、第1の入出力光導波路は、誘電体多層膜フィルタに関して第2の入出力光導波路のない側でY分岐し、分岐された光導波路の各々にレーザダイオードまたはフォトダイオードが接続されている。

【効果】 低価格、かつコンパクトな光送受信モジュールが実現できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長1.55 $\mu$ mの光信号を透過し、かつ波長1.3 $\mu$ mの光信号を送受信する光送受信モジュールであって、  
シングルモード光導波路、レーザダイオード、フォトダイオードおよび誘電体多層膜フィルタ、第1および第2の光ファイバ接続部を有する平面光導波回路型であり、前記誘電体多層膜フィルタは前記平面光導波回路の基準平面に実質的に垂直に設置され、  
前記シングルモード光導波路は、一端が前記第1の光ファイバ接続部とつながった第1の入出力光導波路、  
一端が前記第2の光ファイバ接続部とつながり、多端が前記誘電体多層膜フィルタの表面または表面から8 $\mu$ m以内の点で、該誘電体多層膜フィルタの法線を中心線として分岐角15°～25°で前記第1の入出力光導波路から分岐する第2の入出力光導波路からなり、  
該第1の入出力光導波路は、該誘電体多層膜フィルタに関して該第2の入出力光導波路のない側でY分岐し、分岐した光導波路の各々に前記レーザダイオードまたは前記フォトダイオードが接続されたことを特徴とする光送受信モジュール。

【請求項2】 前記第1および第2の光ファイバ接続部が2芯の光ファイバアレイ接続部として一体化されたことを特徴とする請求項1に記載の光送受信モジュール。

【請求項3】 前記平面光導波回路の表面に溝が設けられ、前記誘電体多層膜フィルタは、該溝にシリコン系接着剤で固定されていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光送受信モジュール。

【請求項4】 前記第1の入出力光導波路と前記第2の入出力光導波路の交差部において、当該二つの入出力光導波路の間に1 $\mu$ m～5 $\mu$ mの隙間があることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項5】 前記溝の加工のためのマーカが、前記平面導波回路表面上で該溝の設置位置から離れた場所に設けられたことを特徴とする請求項1から請求項4のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項6】 前記第1の入出力光導波路の幅、および前記第2の入出力光導波路の幅が、相互の分岐点近傍で他の部分の幅よりも広がっていることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項7】 前記Y分岐部が誘電体多層膜フィルタ上にあることを特徴とする請求項1から請求項6のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項8】 前記第2の入出力光導波路に波長1.3 $\mu$ mの光を遮断する誘電体多層膜フィルタが挿入されていることを特徴とする請求項1から請求項7のいずれかに記載の光送受信モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光通信の光部品に関するものであって、さらに詳しくは、光加入者用（各家庭用）の光端末として光信号を送受信するためのモジュールに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】最近、ビデオ信号やパソコンデータなどの大容量通信の大幅なコストダウンを目指して、各家庭への光ファイバ網の構築が本格的に検討されている。そこで直面している最も大きな問題の一つとして、各家庭に配置する光送受信モジュールの価格がある。従来、光通信は大容量の信号を通信するオフィスなどに使われていた。そのような用途では光送受信モジュールの価格が100万円オーダーでも需要があったが、各家庭に光送受信モジュールを配置するとなると、その価格が1万円オーダーにまで下がらなければ広く普及することは期待できない。このような背景の下で現在各家庭に配置する低価格な光送受信モジュールの開発が精力的に行われている。

【0003】従来の光送受信モジュールはレンズなどの微小光学部品を使用したものが主流であった。その場合コストの大部分は各部品のアライメント工程にあった。そこで本発明者らはこれまで部品点数を減らしたプレーナ光波回路（Planar Lightwave Circuit: PLC）を用いた光送受信モジュールの開発に取り組んできた。これまでに作製した光送受信モジュールを図16に示す。詳細は“Optical Module with a Silica-Based Planar Lightwave Circuit for Fiber-Optic Subscriber Systems”, H. Terui et al., IEEE Photon. Technol. Lett., Vol. 4, 1992, pp. 660-662に記述されている。ここでは簡単にその構成と原理を述べる。

【0004】プレーナ光波回路1には入力側のシングルモード光ファイバ10A、出力側のシングルモード光ファイバ10Bが、それぞれガラスブロック9A、9Bを介して固定されている。より詳しくは、光ファイバ10A、10Bはガラスブロック内に設けられた溝に挿入固定され、ガラスブロック9A、9Bは光ファイバ10A、10Bの光軸が光導波路24、25の光軸と一致するように、プレーナ光波回路1に接着固定されている。入力ポート24Aから入射した光は2つの方向性結合器24B、24Cを用いたマッハツェンダ干渉計型波長合分波器によって、1.3 $\mu$ m帯の光はスルーポートに、1.55 $\mu$ m帯の光はクロスポートに出力される。クロスポートに出力された1.55 $\mu$ m帯の光はそのまま導波路端でシングルモード光ファイバ10Bに結合され外部に出力される。一方波長合分波器のスルーポートに出

力された $1.3\mu\text{m}$ 帯の光はY分岐6で二分され、それぞれレーザダイオード7とフォトダイオード8に結合される。レーザダイオード7は受信者側からの送信信号の伝送用に、フォトダイオード8は受信した光信号の電気信号への変換用に、それぞれ供される。

【0005】ここで $1.55\mu\text{m}$ 帯の光は、例えば電話局から一般の家庭へ多チャンネルのビデオ信号を分配することに使用され、 $1.3\mu\text{m}$ 帯の光は各種のデータ信号の双方向通信に使われる。よって $1.55\mu\text{m}$ 帯の受信モジュールは大容量信号受信のため高価なものになる。現在目的としている光送受信モジュールはまず各種のデータ信号の送受信ができるものであるから、高価な $1.55\mu\text{m}$ 帯の光の受信器は外部に出して、 $1.3\mu\text{m}$ 帯の比較的低速な光信号のみ送受信できる低価格なモジュールを目指す。ここで $1.55\mu\text{m}$ 光は大容量の信号を伝送するため、光送受信モジュールから出力されるときにはシングルモード光ファイバを使用しなければならないことをつけ加えておく。また $1.3\mu\text{m}$ 帯の光信号に関しては上りと下りを時間的に分離したピンポン方式を採用するためその近端反射に対する制限も緩い。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述の通りこれまで我々は各家庭用の低コストな光端末として、PLCを用いた光送受信モジュールを開発してきた。そこで最も大きな課題になったのがモジュールの大きさ、および光ファイバとPLCとの接続にかかるコストである。図16の構成では $1.3\mu\text{m}$ 、 $1.55\mu\text{m}$ 用の入力光ファイバ10Aと $1.55\mu\text{m}$ 用出力ファイバ10BとがPLC1の対向する端面に配置されるため、全体としてのモジュールの大きさが大きくなってしまふ。また光ファイバとPLCとの接続を2回行わなければならないという問題があった。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】そこで本発明では、光送受信モジュールの大きさを小さくするために2本の入出力ファイバの配置を対抗する端面ではなく、同一の端面に配置した。そのために、PLCの波長合分波器としては $1.3\mu\text{m}$ の光は透過させて $1.55\mu\text{m}$ の光は反射させる構成とする。具体的には導波路にある角度で誘電体多層膜フィルタを挿入し、 $1.3\mu\text{m}$ 光はフィルタを透過させ、 $1.55\mu\text{m}$ 光はフィルタで反射させることによって2つの波長の光を分離する。

【0008】従来、誘電体多層膜フィルタの反射を用いた波長合分波器は、ファイバや導波路を用いたものが報告されている。例えば“Filter-Embedded Design and Its Applications to Passive Components,” H. Yanagawa et al., J. Lightwave Technol., Vol. 7, 1989, pp. 1646-1653、参照。しかしながらそ

れらはほとんどが反射された光をマルチモード光ファイバやマルチモード光導波路で受光しており、本発明のように反射された光をシングルモード光導波路に結合するものについてはほとんど報告例がない。その理由は誘電体多層膜フィルタで反射された光をシングルモード光導波路で結合することは非常に困難であったからである。本発明はフィルタで反射された光を如何に効率よくシングルモード光導波路に結合させるかについて、また、レーザダイオードやフォトダイオードの実装と適合するための接着剤について、実験的に最適な条件を求めたものである。

【0009】すなわち、本発明による光送受信モジュールは、波長 $1.55\mu\text{m}$ の光信号を透過し、かつ波長 $1.3\mu\text{m}$ の光信号を送受信する光送受信モジュールであって、シングルモード光導波路、レーザダイオード、フォトダイオードおよび誘電体多層膜フィルタ、第1および第2の光ファイバ接続部を有する平面光導波回路型であり、誘電体多層膜フィルタは平面光導波回路の基準平面に実質的に垂直に設置され、シングルモード光導波路は、一端が第1の光ファイバ接続部とつながった第1の入出力光導波路、一端が第2の光ファイバ接続部とつながり、多端が誘電体多層膜フィルタの表面または表面から $8\mu\text{m}$ 以内の点で、誘電体多層膜フィルタの法線を中心線として分岐角 $15^\circ\sim 25^\circ$ で第1の入出力光導波路から分岐する第2の入出力光導波路からなり、第1の入出力光導波路は、誘電体多層膜フィルタに関して第2の入出力光導波路のない側でY分岐し、分岐した光導波路の各々にレーザダイオードまたはフォトダイオードが接続されたことを特徴とする。

【0010】第1および第2の光ファイバ接続部が2芯の光ファイバアレイ接続部として一体化されていてもよい。

【0011】平面光導波回路の表面に溝が設けられ、誘電体多層膜フィルタは、溝にシリコン系接着剤で固定されていてもよい。

【0012】第1の入出力光導波路と第2の入出力光導波路の交差部において、当該二つの入出力光導波路の間に $1\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ の隙間があってもよい。

【0013】溝の加工のためのマークが、平面導波回路表面上で溝の設置位置から離れた場所に設けられていてもよい。

【0014】第1の入出力光導波路の幅、および第2の入出力光導波路の幅が、相互の分岐点近傍で他の部分の幅よりも広がっていてもよく、Y分岐部が誘電体多層膜フィルタ上にあってもよい。

【0015】第2の入出力光導波路に波長 $1.3\mu\text{m}$ の光を遮断する誘電体多層膜フィルタが挿入されていてもよい。

#### 【0016】

【作用】本発明の光送受信モジュールは入力用および出

力用の光ファイバが PLC の同一端面に配置されているので、全体のサイズが小さくなるとともに、PLC と光ファイバとの接続が一回の作業で終了できる。この結果として従来よりも低コストでコンパクトな光送受信モジュールが実現できる。

#### 【0017】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

#### 【0018】実施例 1

本実施例ではシリコン基板上に石英系のガラスを堆積させて作製した石英系プレーナ光波回路 (PLC)、2 本の光ファイバを対にした 2 芯の光ファイバアレイ、出力端面でのモードフィールドがシングルモード光ファイバのモードフィールドと一致するように設計されたレーザダイオード、導波型フォトダイオードを組み合わせる光送受信モジュールを作製した。石英系プレーナ光波回路はシリコン基板上に火炎堆積法と反応性イオンエッチング法で作製され、低損失でシングルモード光ファイバと整合性の良い光導波回路が実現されている。詳しくは、河内正夫「プレーナ光波回路」電学論 C、113 巻 6 号、平成 5 年、に記述されている。また PLC とレーザダイオードやフォトダイオードとの光学的な接続は、PLC 基板であるシリコンテラスを用いて行った。その詳細は Y. Yamada et al., Electron. Lett., Vol. 29, 444, 1993 に記述されている。

【0019】本実施例の PLC 30 の回路構成を図 1 に示す。また図 1 の AA' の拡大断面図を図 2 に、BB' の拡大断面図を図 3 に示す。

【0020】シリコン基板 11 上には、コア 2、3 および 2' がクラッド 12 に覆われて形成され、シングルモード光導波路 2、3 および 2' を構成している。コアとクラッドの屈折率差は 0.75%、コアサイズは 7  $\mu$ m 角である。光導波路 2 および 3 の交わる位置の近傍に溝 4 が設けられ、その中に誘電体多層膜 5 が挿入され、接着剤 13 で固定されている。誘電体多層膜 5 の、光導波路 2、3 と反対側に形成されている光導波路 2' の光軸は光導波路 2 の光軸と一致しており、光導波路 2' は光導波路 2 の一部をなしている。

【0021】プレーナ光波回路 3 には、入力用シングルモード光ファイバ 10A、出力用光ファイバ 10B が固定用のガラスブロック 9B により、それぞれ光導波路 2、3 と光軸を一致させて接続されている。入出力ポート 2A と 3A の距離は 250  $\mu$ m とした。

【0022】光ファイバ 10A からの波長多重化された 1.3  $\mu$ m および 1.55  $\mu$ m の光が第 1 の入出力ポート 2A から第 1 の入出力光導波路 2 に入射され、1.55  $\mu$ m の光は誘電体多層膜フィルタ 5 で反射されて第 2

の入出力光導波路 3 からシングルモード光ファイバ 10B に出力される。1.3  $\mu$ m の光は誘電体多層膜フィルタ 5 を透過し、図 16 の従来と同様に Y 分岐 6 で二分された後、それぞれレーザダイオード 7 とフォトダイオード 8 に結合する。

【0023】誘電体多層膜フィルタ 5 は 1.3  $\mu$ m の光は透過して 1.55  $\mu$ m の光は反射するように設計した。実際には厚み 7  $\mu$ m のポリイミド薄膜に SiO<sub>2</sub> と TiO<sub>2</sub> を交互に多層蒸着して 9  $\mu$ m の厚みとし、全体のフィルタの厚みは 16  $\mu$ m とした。一方、フィルタを挿入するための溝はダイシング・ソーによって加工しており、溝幅を 18  $\mu$ m、溝深さを 200  $\mu$ m とした。ここで溝幅を 18  $\mu$ m としたのは厚み 16  $\mu$ m のフィルタをできるだけ基板に対して垂直に立てるために隙間を小さくするためである。厚み 16  $\mu$ m のフィルタを使用する場合は 17  $\mu$ m から 20  $\mu$ m の溝幅が適している。また溝の深さに関しても浅くなればフィルタが傾きやすくなるため、可能であれば深いことが好ましい。しかし溝を深くすれば加工上、溝の入り口が広くなり易いため溝深さとしては 100  $\mu$ m ~ 300  $\mu$ m が適当である。

【0024】本実施例では、溝を市販のダイシング・ソー加工した後フィルタを挿入し、シリコン系の接着剤で固定した。ここでフィルタの固定に関してエポキシ系の接着剤に比べて通常 2 桁程度接着強度の弱いシリコン系の接着剤をあえて使用したのは、以下の理由による。本実施例の光送受信モジュールではフィルタの実装後にレーザダイオードやフォトダイオードを AuSn の半田によって固定するため、温度を 300℃程度にまで上昇させる必要がある。この時にエポキシ系の接着剤は変質し、大きな収縮が発生する。そして溝の中で接着剤の剥離が生じる。その結果として反射が増加し光送受信モジュールとしての規格を充たさなくなる。これに比較してシリコン系の接着剤は接着強度は弱いものの 300℃程度の温度で何の変化も起こらないため接着剤の剥離が生じることはない。もともとフィルタの溝への固定は外力のかからない部分なので強度的には弱くてもかまわない。そこで本実施例ではフィルタの固定にシリコン系の接着剤を使用した。実際に直線導波路に対して垂直に溝を加工し、上記誘電体多層膜フィルタをそれぞれエポキシ系の接着剤とシリコン系の接着剤で固定した後、1.3  $\mu$ m 光のフィルタでの反射を 300℃10 分間の熱処理前後で測定した。結果を表 1 に示す。シリコン系の接着剤は熱処理によって反射が変化しないのに対して、エポキシ系の接着剤を用いた場合は大幅に反射が増加している。この理由は上述の通りエポキシ系の接着剤では 300℃の高温で収縮が生じたためである。

#### 【0025】

#### 【表 1】

	300℃10分の熱処理 前の反射減衰量	300℃10分の熱処理 後の反射減衰量
エポキシ系接着剤	21 dB	5 dB
シリコン系接着剤	20 dB	20 dB

【0026】フィルタ挿入部付近の導波路設計に関しては不確定な要素があるため実験的に求めた。図4にフィルタ挿入部付近の拡大図を示す。ここで第1の入出力光導波路2と第2の入出力光導波路3の間に幅 $2\mu\text{m}$ のスリット17を設けた。これはコアのパターン化後に上部クラッドガラスでコアを埋め込む工程で、2つの光導波路2, 3の叉の部分に気泡が発生したりあるいはガラスの粗な部分が発生することを防ぐためである。実際にスリット17を設けなかった場合、2本の光導波路の叉の部分に気泡が生じることがあった。その確率は2本の導波路2, 3の交差角 $\theta$ が $10^\circ$ 程度と小さい時ほど顕著であった。今回幅 $2\mu\text{m}$ のスリットを設けることによって気泡の逃げ道を作り、上部クラッドガラスを狭い隙間まできれいに埋め込むことができた。隙間17の幅としてはコアガラスを加工するときのマスクの分解能より大きく、かつ光学的な損失がほとんど無視できる領域である $1\sim 5\mu\text{m}$ が適当である。

【0027】次に2本の入出力光導波路2, 3の交差角 $\theta$ および誘電体多層膜フィルタ5を挿入するための溝4の位置について、実験的に最適な値を求めた。入出力ポート2Aから入出力ポート3Aに透過する $1.55\mu\text{m}$ の光の損失を縦軸に、2本の入出力光導波路2, 3の中心線14, 15の交点と溝4の中心線16との距離 $x$ を横軸にとったグラフを図5に示す。ここで2本の入出力光導波路2, 3の交差角 $\theta$ は $20^\circ$ とした。このグラフから2本の入出力光導波路の中心線14, 15の交点と溝の中心線との距離 $x$ は $4\pm 4\mu\text{m}$ の範囲が最適であることが分かる。ここで溝4の中心線16の位置というのはフィルタ5の厚さおよび溝4の幅に依存して変化するものであるから、2本の入出力光導波路の中心線の交点とフィルタの表面との距離に換算すれば $-4\pm 4\mu\text{m}$  ( $0\sim -8\mu\text{m}$ )となる。本実施例ではこの値を使用してフィルタ挿入用溝の加工を行った。

【0028】図5から分かるように、溝の位置は $1.55\mu\text{m}$ の光の損失に大きく影響する。そこで溝の位置を再現性良く加工するために、本実施例では溝のマーカを上部クラッドガラス表面に金属薄膜を蒸着して作成した。金属薄膜を用いてマーカを作成したのは、コアガラスでマーカを作成した場合に比べて見やすいためである。金属薄膜を作成する工程はレーザダイオードやフォトダイオードの電気配線にも使用するため、両者を同時に行うことによってプロセス工程を増やさなくて済む。ここで強調したいのは、金属薄膜で作成したマーカが導

波路表面にある場合、その部分をダイシング・ソーで加工するとその金属が加工した溝の内壁に付着したり、金属がダイシング・ソーの歯の間に詰まることによって、その加工精度が劣化するという問題が生じたことである。そこでこれらの問題を解決するために、本実施例では溝の中心線に対して $-50\mu\text{m}$ ずらした位置に金属薄膜から成るマーカを作成した。市販のダイシング・ソーには切断位置を精度良く移動させる機能があるため、金属薄膜から成るマーカで位置合わせを行い、その後 $50\mu\text{m}$ 切断位置を移動して溝の加工を行った。図6にマーカ18を含む図を示す。本実施例ではマーカ用金属薄膜としてAuを用いた。

【0029】2本の入出力光導波路2, 3の交差角度 $\theta$ に関しては、交差角度 $\theta$ を変えて溝の位置に対する $1.55\mu\text{m}$ 光の損失を実験的に求めた。結果を図7に示す。交差角度 $\theta$ が大きいほど溝の位置ズレに対する過剰損失が大きくなっている。この結果から溝位置の加工誤差に対するトレランスを緩くするためには、交差角 $\theta$ を小さくすることが有効であることが分かる。溝の位置ズレによる過剰損失が $0.5\text{ dB}$ となる位置ズレ量を縦軸に、交差角 $\theta$ を横軸に表したグラフを図8に示す。ダイシング・ソーの溝の加工位置精度が $3\mu\text{m}$ 程度であることを考慮すると、交差角 $\theta$ としては $25^\circ$ 以下が好ましいことが分かる。さらに第1の入出力ポート2Aでの $1.55\mu\text{m}$ 光の反射減衰量を縦軸に、交差角 $\theta$ を横軸にとったグラフを図9に示す。このグラフから交差角 $\theta$ が大きくなるにつれて反射減衰量の値が大きくなることが分かる。 $1.55\mu\text{m}$ 光にアナログ信号を用いる場合反射減衰量は $30\text{ dB}$ 以上が求められることから、交差角 $\theta$ としては $15^\circ$ 以上であることが好ましい。以上、フィルタ挿入用溝位置精度と反射減衰量の観点から、2本の入出力光導波路2, 3の交差角度 $\theta$ は $15^\circ\sim 25^\circ$ が適している。

【0030】このようにして作成した本実施例の光送受信モジュールの $1.55\mu\text{m}$ 光の第1の入出力ポート2Aから第2の入出力ポート3Aへの挿入損失は、シングルモードファイバとの接続損失まで含めて $1.5\text{ dB}$ であった。またそのときの反射減衰量は $38\text{ dB}$ であった。また第1の入出力ポート2Aからフォトダイオード8までの挿入損失は、Y分岐6による $3\text{ dB}$ の原理損失を含めて $3.8\text{ dB}$ であった。

【0031】実施例2

実施例1で述べたように $1.55\mu\text{m}$ 光の過剰損失はフ

フィルタ挿入溝の位置精度に強く依存している。その位置精度を緩くするために本実施例では導波路交差部付近で導波路の幅を広くした。交差部の拡大図を図10に示す。2B、3Bおよび2'Bはそれぞれ光導波路2、3および2'の拡幅部である。交差部以外の場所では導波路幅は7 $\mu$ mで、交差部直前に徐々にその幅を変化させ、交差部では6 $\mu$ mから12 $\mu$ mとした。横軸に交差部での導波路幅をとり、縦軸に1.55 $\mu$ m光の挿入損失が0.5dB増加する時のフィルタ5の位置ズレのトレランス量をとる。これを交差角 $\theta = 10^\circ \sim 40^\circ$ で変化させた計算結果を図11に示す。明らかに交差部における導波路幅を広くすることによってフィルタの位置ズレに対するトレランスが緩くなっている。実際の導波路では導波路幅を広くし過ぎると高次モードが立ちやすくなってしまうため、交差部での導波路幅として10 $\mu$ m $\sim$ 15 $\mu$ mが適当である。

#### 【0032】実施例3

本発明の光送受信モジュールは低価格を目的としているため、必要なPLCの大きさをできるだけ小さくし、一枚のPLCのウエハから作成できるモジュールを多くすることも必要である。そのために本実施例では実施例2で述べた2本の入出力光導波路の交差部とその後段に位置するY分岐とを一体化させた。その全体図を図12に、交差部の拡大図を図13に示す。第1および第2の入出力光導波路2、3は2B、3Bで示すように、交差部の手前でテーパによってその幅が広げられる。その後1.3 $\mu$ m光はフィルタ5を透過してY分岐21の2本の光導波路21A、21Bに分岐される。この構成をとることによって、従来波長合分波器の後に独立して作成されたY分岐を波長合分波器と一体化させることができる。その結果PLCの面積を小さくすることができる。具体的には、波長合分波器としての交差部とY分岐を独立に配置した場合PLCのサイズが3mm $\times$ 20mmだったものを、それらを一体化することによって3mm $\times$ 15mmにまで縮小できた。これによって一枚のPLCから作成できるモジュールの数は1.3倍になった。

#### 【0033】実施例4

実施例1の回路構成では1.55 $\mu$ m光は誘電体多層膜フィルタ5によって完全に反射されて、1.3 $\mu$ m光受光用のフォトダイオード8へはほとんど漏れ込まない。実際に作成した結果はクロストーク50dBであった。これに対して1.3 $\mu$ mの光が第2の入出力光導波路3に漏れ込む量はかなり多い。実際に作成した回路では最大20dB程度の漏れ光が観測された。これは誘電体多層膜フィルタ5の不完全性であるが、本質的にこの値を低減することは困難である。そこで本実施例では第2の入出力光導波路の一部に1.3 $\mu$ m光をカットする誘電体多層膜フィルタを挿入した。フィルタの挿入方法として2種類のものを作成した。そのひとつを図14に、他方を図15に示す。図14では交差部と同様にダ

イシング・ソーを使用して溝4Bを加工した。この時1.3 $\mu$ m光をカットするためのフィルタ21は第1の入出力光導波路2に交差しないよう第2の入出力光導波路3にのみ交差させる。溝4Aは第1の入出力光導波路2を横切るが、溝内には接着剤が充填され、そのための損失は微小である。

【0034】一方、図15の実施例では1.3 $\mu$ m光カットフィルタ22用の溝4Cをエッチングによって加工した。この場合第1の入出力光導波路2に不要な溝を発生させなくて済む。図14、図15いずれの場合においても第2の入出力光導波路から出力される1.3 $\mu$ mのクロストークは、カットフィルタを入れない場合の-20dBから-45dBへと格段に低減することができた。

【0035】図14および図15の構成において、図13に示すように、Y分岐を一体化することも、勿論可能である。

【0036】以上、本発明の実施例を石英系導波路を用いた場合について説明してきたが、本発明の回路は石英系導波路以外の拡散ガラス導波路、ポリマー導波路、LiNbO<sub>3</sub>導波路などいかなる導波路に対しても適用可能である。

【0037】また本発明では1.3 $\mu$ m光を送受信し、1.55 $\mu$ m光は透過する光送受信モジュールに関して説明を行ったが、実施例で示した誘電体多層膜フィルタを入れ換えることによってそれ以外の波長領域の光送信モジュール、あるいは光波長合分波器としても使用し得ることは明らかである。

#### 【0038】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光送受信モジュールは低価格、コンパクトであるため家庭用光端末として広く使用されることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例としての光送受信モジュールの模式的平面図である。

【図2】図1のAA'線の拡大断面図である。

【図3】図1のBB'線の拡大断面図である。

【図4】実施例1のフィルタ挿入部付近の拡大図である。

【図5】1.55 $\mu$ m光の挿入損失のフィルタ溝に対するトレランスカーブであり、縦軸を1.55 $\mu$ m光の損失、横軸を2本の入出力光導波路の中心線の交点とフィルタ用溝の中心線との距離としたグラフである。

【図6】フィルタ溝加工用のマーカを含むフィルタ挿入部付近の拡大図である。

【図7】2本の入出力光導波路の交差角 $\theta$ を変えたときの、1.55 $\mu$ m光挿入損失のフィルタ溝に対するトレランスを示すグラフである。

【図8】2本の入出力光導波路の交差角 $\theta$ を変えたときの1.55 $\mu$ m光の過剰損失が0.5dB増加するトレ

ランス量を示すグラフである。

【図 9】 2 本の入出力光導波路の交差角  $\theta$  を変えたときの 1.55  $\mu\text{m}$  光の反射減衰量を示すグラフである。

【図 10】 第 2 の実施例のフィルタ挿入部付近の拡大断面図である。

【図 11】 2 本の入出力光導波路の交差部における導波路幅を広げたときの、フィルタ位置ズレのトレランス量の変化を示すグラフである。

【図 12】 第 3 の実施例の全体図を示す模式的平面図である。

【図 13】 図 12 のフィルタ挿入部付近の拡大図である。

【図 14】 第 4 の実施例の全体図である。

【図 15】 第 4 の実施例の他の構成例の全体図である。

【図 16】 従来技術の光送受信モジュールを示す平面図である。

【符号の説明】

- 1 従来の石英系プレーナ光波回路 (PLC)
- 2 第 1 の入出力光導波路
- 3 第 2 の入出力光導波路

4, 4B, 4C 誘電体多層膜フィルタ挿入用溝

5 1.3  $\mu\text{m}$  光を透過し 1.55  $\mu\text{m}$  光を反射する誘電体多層膜フィルタ

6, 21 Y 分岐

7 レーザダイオード

8 フォトダイオード

9A, 9B, 9C 光ファイバ固定用ガラスブロック

10A, 10B シングルモード光ファイバ

11 シリコン基板

12 クラッドガラス

13 誘電体多層膜フィルタ固定用接着剤

14 第 1 の入力光導波路の中心線

15 第 2 の入力光導波路の中心線

16 誘電体多層膜フィルタ挿入用溝の中心線

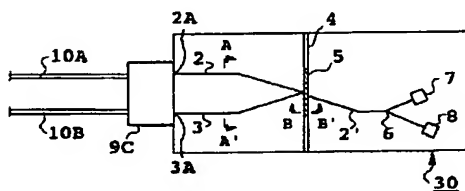
17 第 1 の入出力光導波路と第 2 の入出力光導波路が接する部分でのスリット

18 溝加工用の Au マーカ

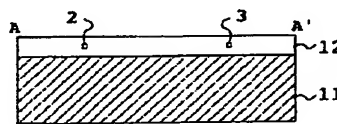
22 1.3  $\mu\text{m}$  光を反射し 1.55  $\mu\text{m}$  光を透過する誘電体多層膜フィルタ

30 本発明による石英系プレーナ光波回路

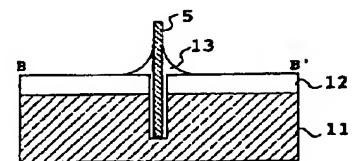
【図 1】



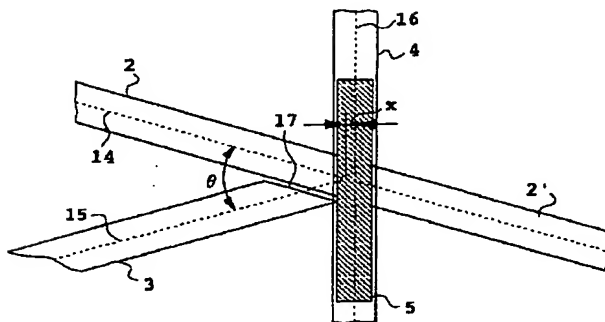
【図 2】



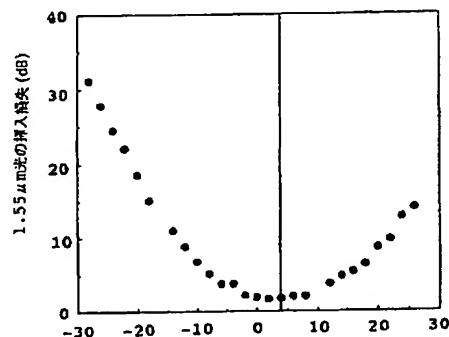
【図 3】



【図 4】

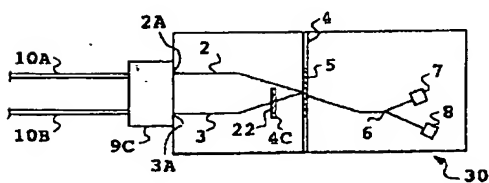


【図 5】



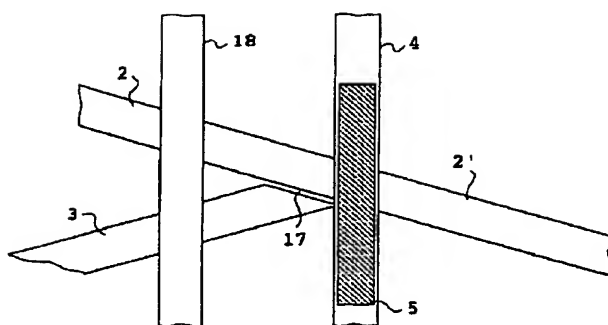
2 本の入出力導波路の中心線の交点と  
フィルタ溝中心線との距離  $x(\mu\text{m})$

【図 15】

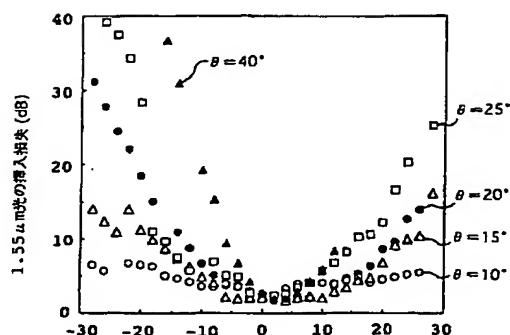




【図6】

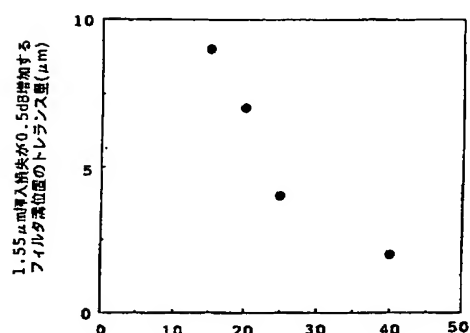


【図7】



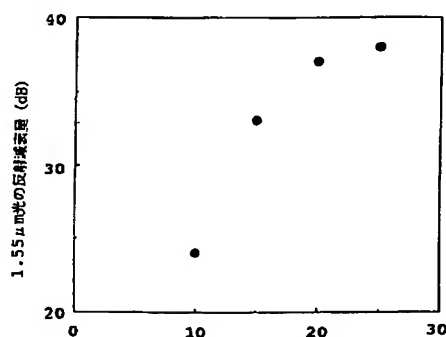
2本の出力導波路の中心線の交点と  
フィルタ溝中心線との距離  $x$  ( $\mu\text{m}$ )

【図8】



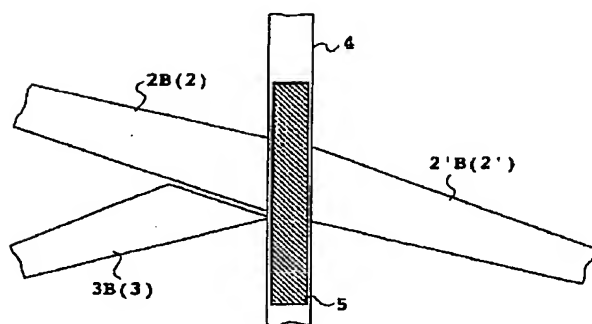
2本の出力導波路の交差角  $\theta$  (°)

【図9】

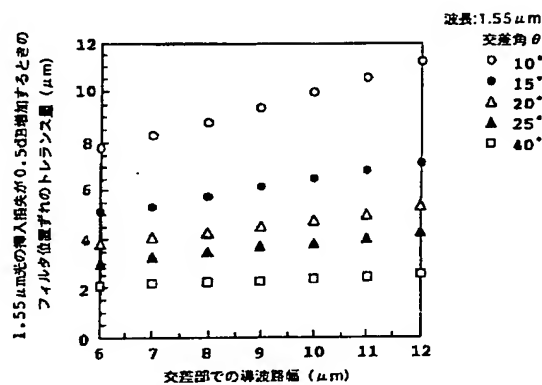


2本の出力導波路の交差角  $\theta$  (°)

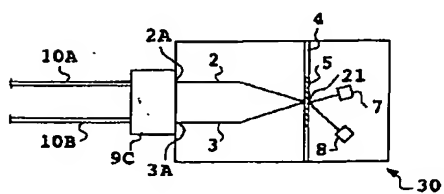
【図10】



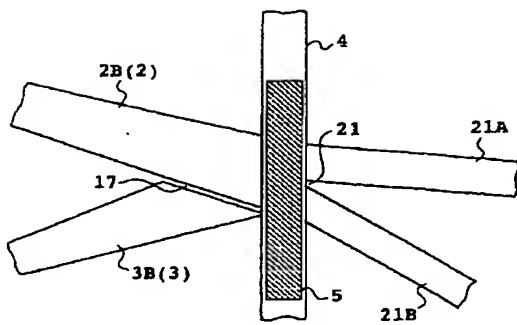
【図11】



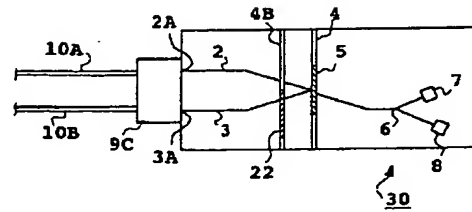
【図12】



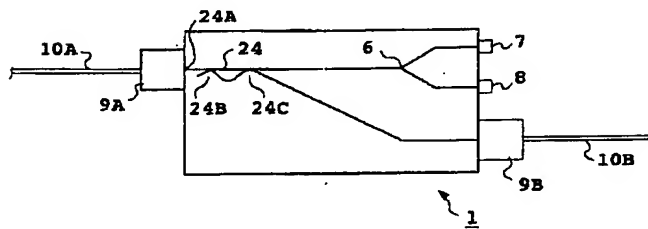
【図 13】



【図 14】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 扇太  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 小口 泰介  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内